

# MEMORIA DE CÁLCULO SOBRE LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS EN LA URBANIZACIÓN LA PLETA EN BAQUEIRA.

## ÍNDICE

- I.- ANTECEDENTES Y OBJETO DE LA MEMORIA DE CALCULO.
- II.- GEOTECNIA Y COEFICIENTES DE EMPUJE.
- III.- SOBRECARGAS.
- IV.- GEOMETRIA.
- V.- DESCRIPCIÓN DE LAS PANTALLAS DE MICROPILOTES.
- VI.- DESCRIPCIÓN DE LOS ANCLAJES PROVISIONALES.
- VII.- METODOLOGÍA DEL CÁLCULO. COMPROBACIÓN DEL EQUILIBRIO Y DEDUCCIÓN DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES MEDIANTE EL PROGRAMA RIDO.
- VIII.- LONGITUD ACTIVA DE LOS ANCLAJES.
- IX.- LONGITUD TOTAL DE LOS ANCLAJES.
- X.- ESQUEMA DE LAS FASES.

# MEMORIA DE CÁLCULO SOBRE LOS MUROS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS EN LA URBANIZACIÓN LA PLETA EN BAQUEIRA.

## I.- ANTECEDENTES Y OBJETO DE LA MEMORIA DE CÁLCULO.

El objeto del informe es el diseño de los diferentes muros de contención de tierras que se incluyen en el proyecto de urbanización del sector La Pleta en el municipio de Baqueira Naut Aràn.

También son objeto del informe los muros necesarios para la construcción de los edificios y para el cerramiento de las parcelas con los terraplenes definitivos.

Los datos para la redacción de este informe relativos a la situación de los muros, altura de tierras a contener, soporte definitivo de los muros, etc, han sido suministrados por el Despacho de Arquitectura autores del proyecto de urbanización y del proyecto de edificación.

## II.- GEOTECNIA Y COEFICIENTES DE EMPUJE

La estratigrafía del terreno y los parámetros geotécnicos de cada estrato que se han de emplear en el cálculo son los que constan en el Estudio Geotécnico realizado por la empresa G3 DT, S.L., fechado el 10 de julio de 2018. (Referencia del estudio : 4000321).

Según el estudio, en lo que se refiere al cálculo de empujes, deben considerarse los diferentes estratos que se relacionan a continuación, junto con sus parámetros geotécnicos.

### Nivel 0 Rellenos:

Se compone de tierras de relleno. Los parámetros geotécnicos para el cálculo de empujes correspondientes a esta capa son los siguientes:

Densidad media: 1,90 T/m<sup>3</sup>

Cohesión aparente: 0,00 Kg /cm<sup>2</sup>

Angulo de rozamiento interno: 30 °

### Nivel 1. Tilitas:

Los parámetros geotécnicos para el cálculo de empujes correspondientes a esta capa son los siguientes:

Densidad media: 2,05 T/m<sup>3</sup>

Cohesión aparente: 0,054 t /m<sup>2</sup>

Angulo de rozamiento interno: 40 °

### Nivel 2. Arcillas limosas con fragmentos de roca:

Los parámetros geotécnicos para el cálculo de empujes correspondientes a esta capa son los siguientes:

Densidad media: 1,95 T/m<sup>3</sup>

Cohesión aparente : 2,00 t /m<sup>2</sup>

Angulo de rozamiento interno : 34 °

### Nivel 3. Sustrato, Pizarras :

Capa de areniscas y lutitas. Los parámetros geotécnicos para el cálculo de empujes correspondientes a esta capa son los siguientes:

Densidad media : 2,50 T/m<sup>3</sup>

Cohesión aparente : 1,50-2,50= 2,00 t /m<sup>2</sup>

Angulo de rozamiento interno : 20-32 = 26 °

### Nivel Freático:

Se ha encontrado nivel freático en la mayoría de los sondeos entre los 2,30 y 4,65 metros de profundidad respecto a la boca de los sondeos.

En la información que ha presentado el despacho autor del proyecto de urbanización para el cálculo de los muros MC-3 y MC-4, figuran las secciones transversales de cada muro, cada 10 m, con la información estratigráfica y la situación del nivel freático.

## COEFICIENTES DE EMPUJE

A partir de los parámetros geotécnicos de cada capa, relacionados en el apartado anterior, se obtienen los coeficientes de empuje al reposo y los coeficientes de empuje activo y pasivo de Coulomb, suponiendo un ángulo de rozamiento entre tierras y muro igual a un tercio del ángulo de rozamiento interno del terreno.

El programa Rido utilizado para la comprobación del equilibrio y deducción de esfuerzos, deformaciones y reacciones, basado en el método de Winkler, considera el cambio del coeficiente de empuje sobre el muro, desde el valor al reposo en la situación inicial en estado elástico del suelo, hasta al valor activo cuando éste plastifica.

## III.- SOBRECARGAS.

La sobrecarga de uso sobre las tierras del trasdós de los muros de contención se ha tomado de 0,50 t/m<sup>2</sup> (proyección horizontal), en los taludes.

La sobrecarga de uso correspondiente al tráfico de obra o de uso en los viales y en la carretera, se ha considerado con el valor habitual de 1 t/m<sup>2</sup> uniforme e indefinida.

## IV.- GEOMETRIA.

En cada muro se definen secciones diferentes de cálculo, según la geometría del muro, valor de la sobrecarga en el trasdós, profundidad del sustrato y profundidad del nivel freático.

## V.- DESCRIPCIÓN DE LAS PANTALLAS DE MICROPILOTES.

Los micropilotes se formarán por la extracción del suelo en un sondeo de 200 mm de diámetro, en el interior del cual se introducirá la tubería de acero en toda su longitud y a continuación, se inyectará el mortero o lechada de cemento desde el fondo del sondeo hasta la cota de trabajo, rellenando la totalidad del sondeo, incluso el interior de la tubería.

**Las características generales de los micropilotes serán las siguientes :**

**Características mortero o lechada:** Resistencia característica fck = 30 MPa

**Características tubería :**

Acero : Tipo N-80 Límite elástico fyk: 5.600 MPa

**Las características particulares de cada tipo de micropilotes serán las siguientes :**

Micropilotes de extracción de 200 mm de diámetro nominal.

**Micropilotes tipo 1 :** Diámetro exterior : 114,30 mm Pared : 9,00 mm

**Micropilotes tipo 2 :** Diámetro exterior : 127,00 mm Pared : 9,00 mm

**Micropilotes tipo 3 :** Diámetro exterior : 139,00 mm Pared : 9,00 mm

**Micropilotes tipo 4 :** Diámetro exterior : 168,00 mm Pared : 9,00 mm

Las pantallas de micropilotes se empotrarán en el nivel 3 de pizarras un mínimo de 3 metros.

Las perforaciones se realizarán bajo la supervisión de un técnico especialista conocedor de la geología de la zona, para garantizar la correcta identificación del nivel geotécnico 3.

Se garantizará el drenaje de las pantallas de micros para reducir los empujes sobre las mismas en la situación definitiva.

Se llevarán a cabo los ensayos de sus componentes y de la integridad del micropilote terminado.

## VI.- DESCRIPCIÓN DE LOS ANCLAJES AL TERRENO.

Para la formación de la estructura de los anclajes se proyecta la utilización de cables o cordones de acero estabilizado del tipo Y-1860-S7, de 15,20 mm (0,6 ") de diámetro nominal, con una sección de acero de 140 mm<sup>2</sup>, formados por 7 hilos de acero. la carga de rotura será igual o superior a 26,00 toneladas y la carga en el límite elástico al 0,1% de deformación permanente será igual o superior a 22,50 toneladas por cordón.

Dado que la tensión de servicio en el caso de anclajes provisionales puede ser el 75% de este último valor, se considera una capacidad de carga nominal de 15 Toneladas por cordón.

En el caso de los anclajes permanentes, la tensión de servicio puede ser el 60% de la tensión en el límite elástico, de manera que se considera una capacidad de carga a largo plazo de 13,50 Toneladas por cordón.

Los cables irán enfundados en la zona libre y en contacto con la lechada de cemento en la zona activa, de esta forma, al quedar el cable en la zona libre, separado de la inyección mediante la funda de plástico, puede moverse por su interior y puede elongar al ser sometido a tracción en el tesado, de manera que la carga del anclaje se transmite al terreno únicamente a través de la zona activa.

Las placas de transmisión de la carga de los anclajes al muro pantalla deberán ser de acero con unas dimensiones mínimas de 300 \* 300 mm para los anclajes de 150 mm de diámetro de perforación y de 400 \* 400 mm para los de 180 mm de diámetro de perforación.

Las cuñas o cuñas de cada uno de los cordones pueden alojarse directamente en la placa, si ésta tiene los orificios correspondientes con la inclinación del anclaje, o bien alojarse en una segunda placa porta-cuñas que apoyará sobre la primera.

El diámetro mínimo de la maniobra de perforación será de 150 mm para anclajes de hasta 8 cordones y de 180 mm para los de más de 8 cordones.

La unión del anclaje con el terreno en la zona activa se hará mediante lechada de cemento que se inyectará en el sondeo de forma global y unificada, inyección tipo IGU. El cemento será del tipo CEM I, de categoría 42,5 y la resistencia mínima de la lechada a 28 días será de 300 kp / cm<sup>2</sup>, (30 Mpa). La lechada llenará la totalidad de la perforación.

La inclinación de los anclajes respecto a la horizontal será de 25° en todos los casos,

Al igual que en los micropilotes, las perforaciones se realizarán bajo la supervisión de un técnico especialista conocedor de la geología de la zona, para garantizar la correcta identificación del nivel geotécnico 3.

Se llevarán a cabo los ensayos previos de idoneidad necesarios sobre cada tipología de anclaje y los ensayos de recepción sobre cada uno de los anclajes.

## VII.- METODOLOGÍA DEL CÁLCULO. COMPROBACIÓN DEL EQUILIBRIO Y DEDUCCIÓN DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES MEDIANTE EL PROGRAMA RIDO.

Para el diseño de los muros pantalla i del sistema de contención, se sigue la siguiente secuencia de cálculos.

1.- Evaluación de las sobrecargas y del área de aplicación.

2.- Dedución, mediante el programa informático Rido, del equilibrio del sistema, a partir de una primera distribución y longitud de micros y aplicando puntales con una rigidez para obtener deformaciones del orden de las obtenidas con los anclajes, comprobando esfuerzos y deformaciones en la pantalla.

3.- A partir de aquí, cálculo de la carga horizontal de los anclajes y la separación entre ellos. Finalmente, cálculo de la carga nominal de los anclajes considerando su inclinación.

4.- Nueva comprobación, mediante el programa Rido, del equilibrio del sistema, esfuerzos sobre la pantalla, deformaciones de la misma y comportamiento de los anclajes durante la excavación, a partir de la estructura y del empotramiento de la pantalla, así como de las cargas y distribución de los anclajes, deducidos en los apartados anteriores.

5.- Comprobación de la estructura de la pantalla y de la separación de los micropilotes a partir de los esfuerzos obtenidos y valoración de las deformaciones.

6.- Comprobación y diseño definitivo de los anclajes, separación, número de cordones de los mismos, longitud del bulbo activo y longitud total. La separación entre anclajes se establece en un múltiplo de la separación entre micropilotes.

7.- Finalmente, una vez confirmado el tipo, longitud y separación de los micropilotes que forman la pantalla y la carga, inclinación, separación, longitudes y rigidez de los anclajes, se repite el cálculo mediante el programa Rido, valorando los esfuerzos y deformaciones definitivos en todas las fases del proceso, así como la carga final de los anclajes en la fase de máxima excavación, confirmando con ello la validez de la solución, o en caso contrario, introduciendo las modificaciones necesarias y repitiendo el proceso de cálculo.

8.- En el caso de anclajes provisionales, el cálculo contempla también la fase de construcción de la estructura definitiva de contención, ya sea losa de sótano y forjados en los edificios, o contrafuertes en la obra de urbanización.

## VIII.- LONGITUD ACTIVA DE LOS ANCLAJES.

En el cálculo de la longitud del bulbo activo de los anclajes debe considerarse un coeficiente de seguridad o de minoración de la tensión última de transferencia entre terreno y bulbo, y también un coeficiente de mayoración de la carga de servicio del anclaje. También puede establecerse un coeficiente de seguridad global producto de los dos anteriores.

La fórmula para el cálculo de L es la siguiente :  $Q = \pi * k * \sigma * L * \sigma / F$

Q : Es la carga nominal del anclaje : 30T

F : Es el coeficiente de seguridad global = Coef. Mayoración de cargas \* Coef. Minoración de  $\sigma$ , tensión última de deslizamiento entre el bulbo y terreno.

En el tomo 2 del libro "Geotecnia y Cimientos III", Jiménez Salas recomienda tomar un coeficiente de seguridad global de entre 1,75 y 2 para anclajes provisionales.

También se pueden considerar los criterios de la "Guía para el diseño y ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera" de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. En esta guía se proponen como valores de los coeficientes de seguridad en el cálculo de la longitud activa de los anclajes provisionales, los siguientes valores:

Mayoración de la carga nominal: F1 = 1,20. Minoración de la adherencia límite: F3 = 1,45

Para los anclajes permanentes los valores son :

Mayoración de la carga nominal:  $F1 = 1,50$ . Minoración de la adherencia límite:  $F3 = 1,65$

### **IX.- LONGITUD TOTAL DE LOS ANCLAJES**

La longitud total de los anclajes es determina como el valor máximo de las siguientes magnitudes resultantes del cálculo de la estabilidad del conjunto con diferentes hipótesis de rotura del terreno :

- Eliminación zona activa, aunque en rotura con los anclajes tesados no se produce ninguna superficie de deslizamiento activa que llegue hasta el punto de giro del muro.

- Cálculo de la estabilidad del conjunto pantalla-anclaje-terreno considerando la probabilidad de formación de círculo de deslizamiento profundos externos al mismo.

- Cálculo de la estabilidad del conjunto considerando la probabilidad de formación de superficies de rotura entre el cuerpo activo del anclaje i la pantalla.

- Longitud libre mínima de 6,00 m.l.

- Longitud necesaria para alojar el bulbo activo en el nivel 3 del estudio geotécnico, correspondiente al sustrato rocoso.

### **X.- ESQUEMA DE LAS FASES**







